

## **ОТЗЫВ**

**научного зарубежного консультанта на диссертационную работу Мухаметхан Маржан на тему «Разработка технологии получения металлизированного продукта из дисперсной рудоугольной смеси», представленную на соискании степени доктора философии (PhD) по специальности 6D070900 – «Металлургия»**

Диссертационная работа Мухаметхан Маржан посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме эффективной переработки некондиционного сырья и промышленных отходов, в частности конвертерного шлама и прокатной окалины металлургического производства.

На металлургических предприятиях при реализации технологий получения металлов и сплавов образуются дисперсные вторичные материалы, содержащие железо, углерод и другие полезные элементы. Эти техногенные материалы накапливаются в шламохранилищах и складываются в отвалах, что приводит к значительному влиянию на окружающую среду. При ограниченности природных ресурсов требуется комплексный подход для решения этой проблемы. В настоящее время использование таких техногенных материалов осуществляется путем ввода их в качестве компонента агломерационной шихты. Как показали исследования, применение отходов в качестве компонентов аглошихты ограничено, а некоторых из них невозможно использовать по технологическим и экологическим аспектам, что характерно для замасленной прокатной окалины. Тенденция снижения запасов железной руды делает особенно актуальной переработку техногенных отходов черной металлургии с целью получения железорудного сырья. Эти материалы должны рассматриваться, прежде всего, как техногенные ресурсы, не уступающие по своей ценности природным.

В диссертационной работе проведен детальный критический анализ имеющихся научных публикаций по способам переработки окалины и конвертерного шлама, что послужило основанием для постановки цели работы и обоснования подходов теоретического и экспериментального исследования и разработки технологической схемы.

Шламонакопители металлургических предприятий являются крупнейшими техногенными образованиями. Примером такого техногенного образования является шламонакопитель АО «АрселорМиттал Темиртау», представляющий собой формирующееся техногенное месторождение сырьевых материалов, имеющих ценность, как для черной металлургии, так и для других отраслей.

Прокатная окалина и конвертерный шлак являются ценными отходами, которые вторично используются в качестве оборотных продуктов в агломерационном производстве. Автором обосновано, что наличие масла и влаги в составе прокатной окалины затрудняет ее использование в значительном объеме. Для успешного использования окалины прокатного производства, как ценного вторичного сырья в металлургии, необходимы

технологии, позволяющие удалять масла и влагу из окалины. Наличие накопленных шламов конвертерного производства также указывают на отсутствие эффективных методов их переработки.

В работе приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований кинетики прямого восстановления железа из дисперсного железорудного сырья; исследование термодинамики основных реакций и термодинамическое моделирование взаимодействия смеси на основе концентрата, шлама, прокатной окалины с твердым углеродом; описание процесса получения металлизированного продукта и полной технологической схемы. Автором установлено, что прокатная окалина является менее окисленной, чем шлам, и имеет низкое содержание (менее 3%) соединений, не содержащих железо. В шламе содержание СаО составляет до 27,56%. В прокатной окалине на порядок ниже содержание серы и фосфора - 0,028 и 0,018 % против 0,36 и 0,21 % в шламе соответственно. Однако, шлам является поставщиком легирующих элементов, таких как марганец, хром, ванадий, никель, что имеет значение для повышения качества стали. Также в шламе содержится до 2,13 % углерода общего, в том числе до 0,46 % твердого углерода. Таким образом, и прокатная окалина, и шлам представляют интерес как оксиджелезосодержащее сырье для процесса металлизации.

При проведении экспериментальных исследований автором установлено оригинальное поведение летучих компонентов угля при его деструкции, которые непосредственно не участвуют в процессе восстановления. Переход летучих в газовую фазу приводит к росту пористости, удельной поверхности металлизированного продукта, что увеличивает скорость восстановления железорудного концентрата.

Результатами термодинамического моделирования автором обоснована рациональная температура 1000°C, при которой железорудное сырье восстанавливается до металлического железа (98-99 %), что свидетельствует о положительных восстановительных свойствах композиции концентрата (ЛГМК, ССПО), конвертерного шлама, прокатной окалины с твердым углеродом для получения железа при температурах 1000-1100°C.

Комплексный подход к решению поставленной научно-практической задачи позволил автору получить конкретное решение совместного использования прокатной окалины и конвертерного шлама, что может заинтересовать представителей промышленных организаций в области металлургии. Задачи, поставленные перед исследователем, очень обширные и разнообразные, каждая из которых может быть взята в основу отдельной самостоятельной работы, что расширяет наши представления о восстановительных процессах и способах использования вторичных материалов металлургии.


По результатам выполненных исследовательских работ опубликованы статьи в рецензируемом научном издании по научному направлению темы диссертации, индексируемых в Science Citation Index Expanded базы Web of

Science (Clarivate Analytics) и по CiteScore в базе Scopus (Elsevier), что повышает актуальность и ценность выполненных исследовательских работ.

Недостатки по содержанию и оформлению диссертации: можно было более наглядно показать ход проведения испытаний. В дальнейшем необходимо продолжить исследования качества готовой стали с применением прокатной окалины и конвертерного шлама с учетом влияния восстановленных ценных компонентов из шлама.

Заключение: Указанное замечание не снижает положительной оценки и диссертационная работа Мухаметхан М. на тему: «Разработка технологии получения металлизированного продукта из дисперсной рудоугольной смеси», представленная на соискание доктора философии (PhD) по специальности 6D070900 – «Металлургия» может быть рекомендована к официальной защите. Автор работы Мухаметхан М. заслуживает присуждения ей степени PhD по специальности 6D070900 – «Металлургия».

**Научный консультант,  
д.т.н., профессор, декан факультета  
металлургических процессов и химических технологий,  
зав. Кафедрой теоретических основ металлургических процессов  
Украинского государственного  
университета науки и технологий**

 Людмила Камкина

49600, г. Днепр, пр. Гагарина, д. 4

+38(056) 745-31-56;

E-mail: [nmetau@nmetau.edu.ua](mailto:nmetau@nmetau.edu.ua), [cauc@metal.nmetau.edu.ua](mailto:cauc@metal.nmetau.edu.ua)

Подпись профессора Л. В. Камкиной  
удостоверяю



Заступник директора навчально-наукового  
інституту Інститут промислових та бізнес  
технологій

  
Валерій ІВАЩЕНКО